

## Erste Ergebnisse des TAI-CHI Projektes zu berührbaren Benutzeroberflächen

Rolshofen, W.; Dietz, P.; Schäfer, G.

Im Europäischen Forschungsprojekt „Tangible Acoustic Interfaces for Computer-Human Interaction, TAI-CHI“ (IST-507822) werden innovative berührbare Benutzeroberflächen untersucht. Welche Erfolge bisher erreicht wurden und wie man mit solchen Instrumenten Musik erzeugt, das wird in diesem Artikel dargestellt.

Within the EU Specific Targeted Research Project “Tangible Acoustic Interfaces for Computer-Human Interaction, TAI-CHI” (IST-507822), innovative tangible user interfaces are investigated. In this article is presented what has been achieved so far and how to make sound with such instruments.

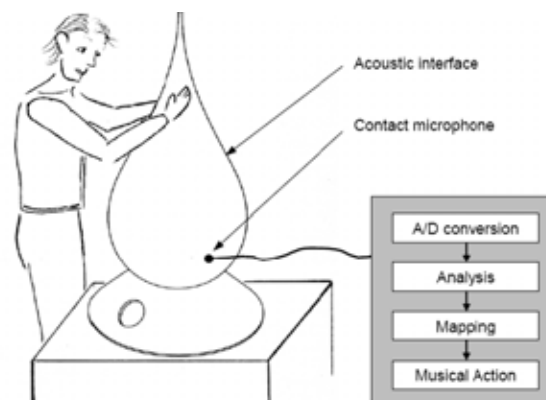
### 1 Einleitung

Der Mensch ist durch seine Sinnesorgane in der Lage seine physische Umwelt wahrzunehmen und auf diese zu reagieren.

Mittlerweile haben viele technische Geräte Einzug in das alltägliche Leben gehalten, doch ihre Benutzung, die Wechselwirkung zwischen Mensch und Maschine, ist nicht immer intuitiv; zumindest können nicht alle menschlichen Fertigkeiten eingesetzt werden. Zurzeit findet die Kommunikation mit der „digitalen Welt“ meistens über grafische Benutzeroberflächen (engl. *graphical user interface*, GUI) statt. Durch Bedieninstrumente wie Computertastatur und Mouse werden grafische Anweisungen gesteuert /1/.

Dies ist schon eine Arbeitserleichterung im Gegensatz zur Verwendung von Befehlszeilenoberflächen (engl. *character user interface*, CUI), doch bleibt das Leistungspotenzial aufgrund der vorhandenen Fähigkeiten der menschlichen Reize ungenutzt.

Eine Erweiterung stellen daher berührbare Benutzeroberflächen (engl. *tangible user interface*, TUI) dar, wo digitale Informationen mit physikalischen Objekten oder mit Bereichen auf deren Oberfläche verknüpft werden. Berührbare Schnittstellen basierend auf akustischen Informationen (engl. *tangible acoustic interface*, TAI) stellen eine Spezialisierung derselben dar, die versuchen Luft- und/oder Körperschall bei der Wechselwirkung mit Gegenständen auszunutzen (siehe **Bild 1**).



**Bild 1:** Konzept eines TAI als neuartiges Musikinstrument /2/.

Im Rahmen des Europäischen Forschungsprojektes „Tangible Acoustic Interfaces for Computer-Human Interaction (TAI-CHI)“ werden solche Schnittstellen untersucht und weiterentwickelt.

### 2 Tangible Acoustic Interfaces for Computer-Human Interaction

Seit dem Anfang 2004 arbeitet das Institut für Maschinenwesen (IMW) in einem Konsortium mit den nachfolgenden Partnern am TAI-CHI Forschungsprojekt

- University of Wales Cardiff (UWC), Wales;
- Centre for Engineering and Technology Transfer (CeTT), Schweiz;
- Università Degli Studi di Genova (DIST), Italien;
- Laboratoire Ondes et Acoustique (LOA), Frankreich;
- University of Birmingham (UoB), England;
- Politecnico di Milano (PoliMi), Italien.

Notwendig für den erfolgreichen Einsatz derartiger Benutzeroberflächen ist die Kenntnis über den Ort der Interaktion. Aus diesem Grund werden unterschiedliche Lokalisierungsmethoden /3/ sowie notwendige Elemente der Signalverarbeitung unter diesem Aspekt erforscht. Erste Ergebnisse werden in den nachfolgenden Abschnitten dargestellt.

## 2.1 Interaktives Kochfeld

Die Steuerung qualitativ hochwertiger Kochfelder erfolgt derzeit über Sensoren, die eine Änderung des elektrischen Widerstandes feststellen. Ob dies auch über akustische Signale möglich ist, das wurde mit Unterstützung des führenden Herstellers für Hausgeräte überprüft.



**Bild 2:** Interaktives Kochfeld. Monitor zeigt, dass die Berührpositionen erfolgreich detektiert werden (Quelle: UWC).

In **Bild 2** wird gezeigt, dass die Berührung des Schalters auf dem Kochfeld mit einem Finger erfolgreich detektiert wird, denn im Monitor wird das Ergebnis der Lokalisierung gezeigt.

## 2.2 Klingender Spiegel



**Bild 3:** Musikalischer Spiegel (LOA). Durch Klopfen an unterschiedlichen Positionen des Spiegels kann die Tonhöhe eines akustischen Signals verändert werden.

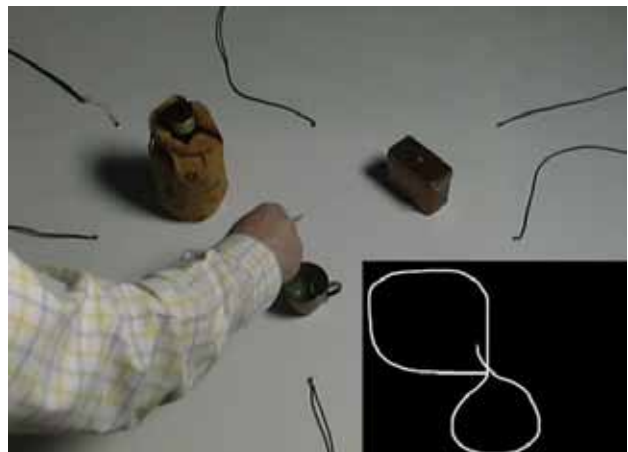
Das *Laboratoire Ondes et Acoustique (LOA)* hat für das *EUROSCIENCE Open Forum (ESOF2006)* /4/ einen klingenden Spiegel entwickelt (siehe **Bild 3**). Durch Berührung der Spiegeloberfläche wird ein

Ton erzeugt, der seine Tonhöhe oder Oktave durch die zugehörige Position ändert.

Hierzu wird ein Verfahren verwendet das die Methode der Zeitumkehr (*engl. time reversal*) des Signals ausnutzt. Daher kommt diese Technologie mit ein bis zwei Sensoren aus, doch ist eine Kalibrierung vor der eigentlichen Benutzung notwendig. Ob die Frage: „Spieglein, Spieglein an der Wand, wer ist der oder die Schönste im ganzen Land?“ beantwortet werden kann, ist derzeit aber noch Stand der Forschung.

## 2.3 Kontinuierliche Bewegung

Bei vielen Anwendungen ist es erforderlich, dass man kontinuierliche Bewegungen zurück verfolgen kann, z.B. um beliebige TAIs als Schreibunterlage einzusetzen. Dies ist den Partnern der Politecnico di Milano (PoliMi) mit einem innovativen Einsatz von Laufzeitverfahren (*engl. time delay of arrival, TDOA*) gelungen.



**Bild 4:** Trotz Gegenstände auf einer Tischplatte, lässt sich die kontinuierliche Bewegung mit einem Stift nach verfolgen. Verlauf s. kleines Bild weiße Linie (Quelle: PoliMi).

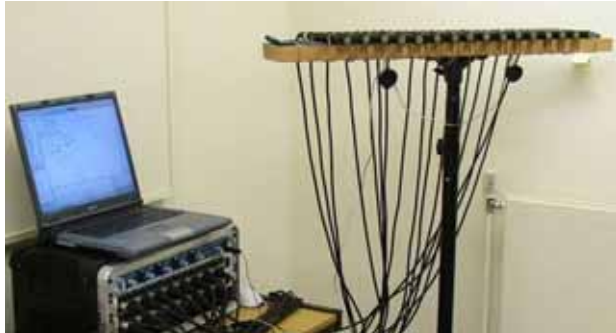
Das **Bild 4** stellt dar, wie die Bewegung mit einem Stift über eine Tischplatte protokolliert wird. Im rechten unteren Bildrand wird das Ergebnis der Positionsberechnung gezeigt. Hierbei ist der Bewegungsablauf die weiße Linie. Erstaunlich an dieser Lösung ist, dass das Verfahren robust gegenüber Veränderungen auf der Platte ist, d.h. Gegenstände wie Tassen oder Flaschen haben keinen Einfluss auf die Genauigkeit.

## 2.4 Akustische Holografie

Neben den vorgenannten Methoden *Time Reversal* und *TDOA* besteht auch ein Bedarf an einer Lö-

sung für multiple bzw. simultane Ereignisse. Hierzu wird das Verfahren der Akustischen Holografie eingesetzt, welches jedoch unterteilt wird nach Luft- und Körperschall.

### 2.4.1 Holografie in Luft



**Bild 5:** Ausstattung von UoB zur Lokalisierung von Signalen durch Akustische Holografie in Luft.

Der University of Birmingham (UoB) ist es erfolgreich gelungen, bestehende Lösungen zur Holografie in Luft nachzubilden und somit den TAI-Anwendungen verfügbar zu machen (siehe **Bild 5**). Die UoB untersucht darüber hinaus weitere Methoden zur Ortung von Objekten durch Luftschall.

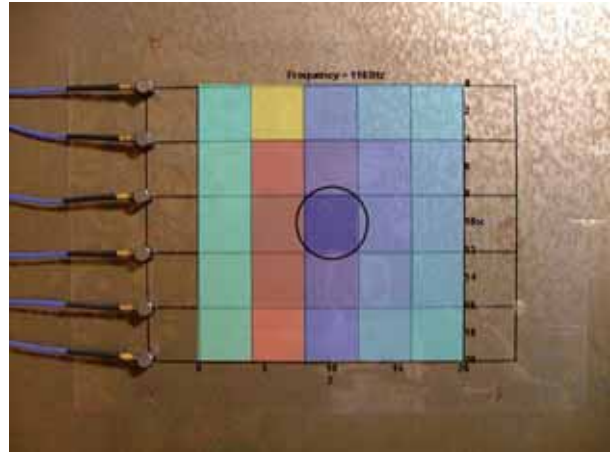
### 2.4.2 Holografie direkt auf Festkörper

Um Störungen durch Umgebungsgeräusche zu entgehen, erforscht das IMW, ob eine Verbesserung durch direkten Kontakt mit dem Messobjekt erreicht werden kann.

Hierzu werden Beschleunigungsaufnehmer auf der Oberfläche des physikalischen Objektes angebracht. Im Gegensatz zur Holografie in Luft ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit der akustischen Welle nicht konstant und vom jeweilig verwendeten Material abhängig.

Das **Bild 6** zeigt, dass trotz zahlreicher, störender Randeffekte das Klopfen auf eine Stahlplatte mit Akustischer Holografie und Sensoren direkt auf dem Festkörper lokalisiert werden kann. Die Klopfposition befand sich im Zentrum der Platte und ist durch den schwarzen Kreis gekennzeichnet. Anhand der Farbintensität erkennt man das Maximum in der Amplitudenverteilung für eine Frequenz von 1163 Hz.

Da zurzeit nur singuläre Ereignisse mit diesem Verfahren detektiert werden, wird in weiteren Versuchen erforscht, ob das Verfahren auf multiple Schallquellen erweitert werden kann.

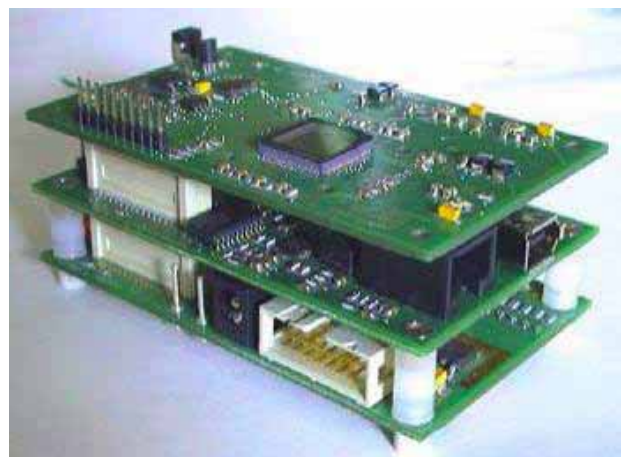


**Bild 6:** Darstellung der Lokalisierung mit Akustischer Holografie für Festkörper nachdem auf die Stahlplatte geklopft wurde.

## 2.5 Hardware für berührbare Benutzeroberflächen

Als Ersatz für einen Computer bei der Verwendung von berührbaren Benutzeroberflächen entwickelt das CeTT ein modulares Hardware-Modul.

Aufgrund eines eingebauten *Digital Signal Processor (DSP)* können unterschiedlichste Arten von Signalen bearbeitet werden, wie Audio und Video bzw. direkt angeschlossene Sensoren. Die Architektur des Moduls besteht im Wesentlichen aus drei unterschiedlichen Karten (Datenerfassung, Signalverarbeitung und Kommunikation) siehe **Bild 7**.



**Bild 7:** Hardware-Modul zur Signalverarbeitung von TAIs (Quelle: CeTT).

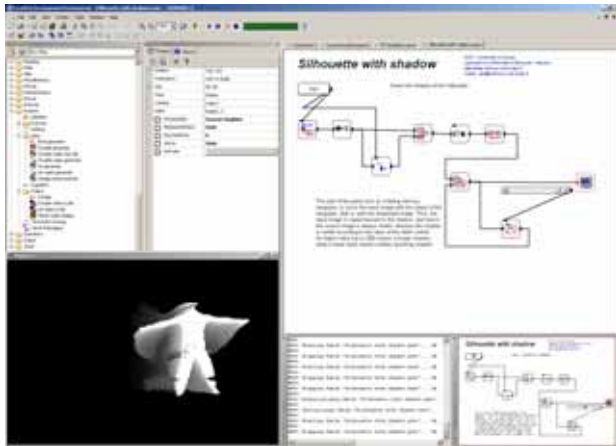
Insgesamt wurde die Entwicklung der Hardware eng mit den Anforderungen aller Mitglieder abgestimmt. Somit wird einem Anwender von TUIs ein vielseitiges Werkzeug zur Verfügung gestellt /5/, was noch Freiheiten für persönliche Einstellungen und Erweiterungen lässt.



## 2.6 Software: EyesWeb

DIST hat eine grafische Programmierumgebung zur Steuerung von TUIs entwickelt, die auch für die Auswertung der berührbaren Benutzeroberflächen innerhalb des TAI-CHI Projektes eingesetzt wird.

In **Bild 8** wird ein Ausschnitt aus der grafischen Benutzeroberfläche EyesWeb dargestellt, wo die Silhouette einer Person und deren Schatten berechnet wird (siehe Ausschnitt unten links).



**Bild 8:** GUI der Software EyesWeb, welche von DIST entwickelt wurde, zur Programmierung von Benutzeroberflächen.

Dies wird aus einzelnen Blöcken erreicht, die beispielsweise Lokalisierungsmethoden (*TDOA*, *Time Reversal*, *Holography*) beinhalten und deren Algorithmen in C++ programmiert sind.

## 2.7 Öffentliche Präsentation von Ergebnissen

Im Rahmen der *Sound2Sense<sup>2</sup> Summer-School* wurde eine audio-visuelle Installation eines TAI als *Touch-Table* den Besuchern zum Ausprobieren präsentiert (siehe **Bild 9**). Eingeflossen sind hierbei viele der dargestellten Ergebnisse /5/. Doch es wurde auch Verbesserungsbedarf bei der Erstellung der Installation bzw. nach Rücksprache mit Besuchern deutlich, die diese „Sound Rose“-Installation ausprobiert haben.

Durch Berührung der Tischplatte hat sich der akustische Klang der Hintergrundmusik im Aufstellungsraum verändert. Gleichzeitig hat der Akteur eine grafische Rückgabe erhalten, wie die Art seiner Interaktion stattgefunden hat bzw. welche Toneinstellungen er verändert hat. Das Interesse der Besucher war sehr groß, auf diesem audio-visuellen Instrument zu musizieren.



**Bild 9:** Besucher der Installation „Sound Rose“, die eine Anwendung eines TAI als audio-visuelles Instrument zeigt /5/.

## 3 Zusammenfassung

Die ersten Ergebnisse des TAI-CHI Projektes zeigen, dass solche berührbaren Benutzeroberflächen sinnvoll eine Verbindung zwischen realer und digitaler Welt herstellen.

Obwohl schon viele Lokalisierungsmethoden erfolgreich eingesetzt werden, so bleiben noch einige Aspekte zu erforschen. Außerdem muss eine möglichst vollständige Integration aller Teilergebnisse zu einem Gesamtpaket (*TAI-CHI Toolkit*) für zukünftige Anwender erstellt werden.

## 4 Literatur

- /1/ Ishii, H.: Get in Touch – Tangible Bits: Bridging Digital and Physical, Ars Electronica 2001
- /2/ Crevoisier, A.; Polotti, P.: Tangible Acoustic Interfaces and their Applications for the Design of New Musical Instruments, International Conference on New Interfaces for Musical Expression, NIME 2005, Dublin
- /3/ Rolshofen W.; Dietz P.; Schäfer G.: Innovative Interface for Human-Computer Interaction, Proceedings of the 9th International Design Conference DESIGN 2006, Dubrovnik, Croatia, 2006, ISBN 953-6313-82-0
- /4/ Ell, R.: Controlling computers by tapping on a table, Editor's Choice in ESOF2006 Newsletter 03
- /5/ Crevoisier, A.; Bornand, C.; Guichard, A.; Matsumura, S.; Arakawa, C.: Sound Rose: Creating Music and Images with a Touch Table, International Conference on New Interfaces for Musical Expression, NIME 2006, Paris